氣候變遷下荔枝園管理調適

張哲瑋[1]、朱彧瑩[1]*、柯昱成[1]、陳柱中[2]、方信秀[3]、莊凱恩[4]；陸明德[5]

1 單位:行政院農業委員會農業試驗所嘉義分所
2 單位:行政院農業委員會農業試驗所農業化學組
3 單位:行政院農業委員會農業試驗所鳳山分所
4 單位:行政院農業委員會農業試驗所農業經濟組
5 單位行政院農業委員會農業試驗所農業作物組
*聯繫人 e-mail:yuyingchu@tari.gov.tw

摘要

荔枝為臺灣中南部重要的經濟果樹，然而近年受氣候變遷衝擊，荔枝開花困難且產量不穩情形頻增，甚至近5年平均受損金額排名飆升至第3名。在此情況下，荔枝農友生計嚴重受影響，同時也導致近年來栽培面積明顯持續下降。荔枝的開花受到溫度、成熟枝梢及葉片、品種、水分等因素影響，調控機制複雜。荔枝的花芽分化需要充足的涼溫誘導，乾旱及充足的成熟葉片數可有助於花芽分化。花穗發育則需要相對較高的溫度及水分，以促進細胞分裂與生長。異常氣候易導致花芽分化所需條件不足。透過掌握荔枝生長及開花特性，運用栽培技術提高花芽形成率、研發催花藥劑、搭配環控設施及調整品種適地適種等策略，能有效因應未來氣候挑戰。

關鍵字：涼溫需求、暖冬、花芽分化、控梢

前言

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)為無患子科(Sapindaceae)多年生亞熱帶常綠果樹，為臺灣重要的經濟果樹。臺灣的荔枝是距今約 300 年前由先民自大陸引進的，但荔枝實際成為重要經濟果樹只有 40 多年的歷史。根據農糧署統計，民國 77 年時荔枝種植面積達全盛時期，曾超過 1 萬 5 千公頃。然而，近年受缺工及務農人口老化、異常氣候及蟲害等因素影響，荔枝的栽培面積逐年減少，自 2017 年時已降至 1 萬公頃以下(圖 1)。2021 年全台栽培面積為 9,667 公頃，總產量為 57,997 公噸，年產值約 38.9 億元(農業統計年報，2022)。而根據 2023 年農糧署農情預測，今年度的收穫面積僅 9,598 公頃。儘管如此，荔枝仍為中南部區域極重要的果樹作物，主要產地為高雄、台中、南投、台南、彰化及嘉義，屏東、台東、雲林、新竹及苗栗等縣市亦有少量栽培(農業統計年報，2022)。主要栽培品種‘黑葉’佔全台栽培面積 49.9%，其次為‘玉荷包’佔 35%，糯米糍佔 4.9%，‘沙坑’、‘桂味’及台農系列等其他品種則約佔 9.4% (李和張，2022)。

近幾年受氣候變遷的影響異常氣候發生頻率大增，包括 2013-2014 年春季乾旱、2014-2015 年暖冬多雨、2015-2016 年早春寒流、2018-2019 年暖冬乾旱及 2020-2021 年百年大旱。異常氣候導致荔枝減產情形，嚴重影響農友生計，因而導致栽培面積持續下降，廢園增加。本文謹就荔枝開花結果生理的探討，提出氣候變遷下荔枝生產管理之因應對策。

氣候變遷對臺灣荔枝生產的影響

荔枝常被當作氣候變遷影響生產的指標作物。觀察國內荔枝歷年的單位面積產量波動，於 2002-2011 年時變異係數為 11.95%，然而於 2012-2021 年卻高達 30.15%，遠高於其他果樹種類(表 1)，可知近年荔枝產量的震盪幅度極大(圖 1)，顯示其生產極為不穩定。農試所長期生態研究小組藉由長期數據監測建立‘玉荷包’荔枝抽穗模型，套用不同升溫情境進行預測，同樣也提出高雄以南產區在 30 年內‘玉荷包’荔枝無法抽穗開花問題明顯加劇，栽培風險提高的狀況(張等，未發表資料)。而另一方面，由近 5 年、10 年、20 年及 30 年二十大作物平均受損金額統計可發現，荔枝在近 20 年及 30 年的平均受損金額排名第 14，然而將統計時間縮減至近 10 年及近 5 年時則飆升至第 5 名及第 3 名。進一步檢視荔枝所受到的天然災害種類與比例，以 2011-2020 年間平均來看，颱風(41%)及豪雨(25%)仍為主要天然災害種類，然而比較 2011-2015 年與 2016-2020 年各類天然災害發生頻度及災損金額，可發現近年颱風發生頻度降低，暖冬及雨害發生頻率增加的現象。其中暖冬災損的金額高達 20 億台幣，遠高於其他災害的總和(臺閩地區農作物災害損失，2022)。

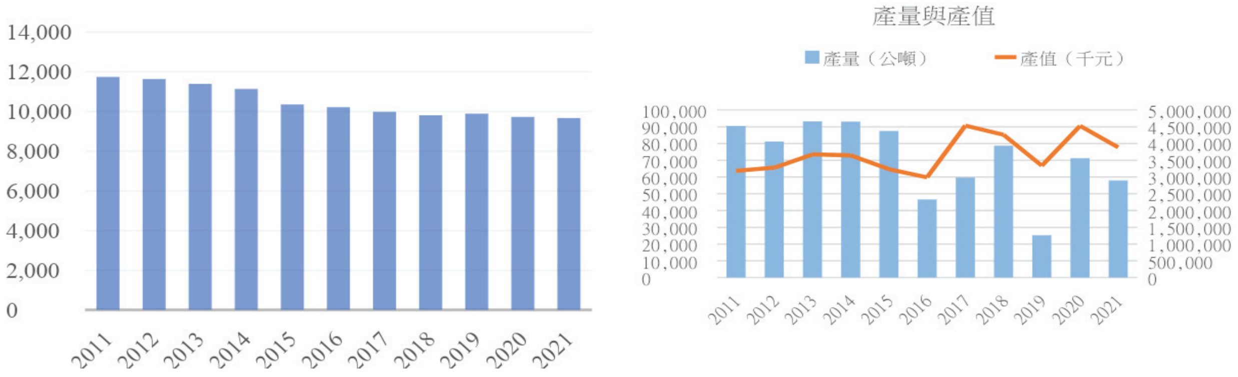

圖 1. 民國 100-110 年間荔枝種植面積、產量與產值變化圖

表 1. 2002-2011 及 2012-2021 國內重要果樹單位面積年產量變異係數比較

	單位面積產量(t/ha)變異係數(CV)				
時間	**柑橘類**	**龍眼**	**芒果**	**荔枝**	**酪梨**
2002-2011	10.32%	14.92%	22.03%	11.95%	26.59%
2012-2021	7.29%	28.18%	12.86%	30.15%	16.03%

荔枝花芽分化及相關因子探討

關於荔枝開花生理與相關因子前人已有一些綜述文獻討論(李，2008；Davenport and Stern, 2005; Stern and Gazit, 2008)。參考這些文獻，我們提出了較簡明易懂的模型圖(圖 2、3)，希望有助於讀者瞭解讀者對下文的說明。植物花芽分化是芽體分生組織在基因表現、組織解剖、生理及外表型態系列變化，其中在生理意義是植物生長荷爾蒙與開花促進物質彼此的消長。荔枝從營養生長至開花的過程約分成營養芽休眠(bud dormancy)、花芽誘導(floral induction)、花芽創始(floral initiation)、花芽發育(Inflorescence development)及小花開放(anthesis)等階段(Wei *et al.*, 2013)。英文的花芽分化(foral differentiation)指的是花芽創始及以後的階段，但在中文常是包括花芽誘導及創始至花序肉眼可見的階段。荔枝根系可能在調節芽的休眠中扮演著起著不可或缺的角色。新根生長時在根尖會產生大量的營養生長荷爾蒙如細胞分裂素(cytokinin)或激勃素(gibberellins)，經由木質部向上運移至莖頂促進萌梢(Davenport and Stern, 2005; Yuan and Huang, 1993)，因此要讓芽進入休眠，根部的生長活力需要下降，才能進一步降低芽體活動，此時就需要相關的因子配合，例如乾旱(李，2008; 張，1999; Menzel and Simpson, 1994)、低根溫(O'Hare, 2004)或其他栽培措施例如環狀剝皮(李，2008; Liu, *et al.*, 2022)等。

花芽誘導的階段是在營養芽休眠的狀態下進行(Wei *et al.*, 2013)。溫度為影響荔枝開花的決定性因子(Das *et al.*, 2002; Stern and Gazit, 2003)。成熟葉片則是感應涼溫誘導的器官。當葉片感應到足夠的涼溫訊息會提高開花基因的表達，轉錄後的開花促進蛋白運到芽體(Ding, *et al.*,2015, Shen, *et al.*, 2016)，進行花芽分化的系列過程。許多學者均

針對荔枝花芽誘導(分化)所需涼溫的閾值提出不同看法。以'玉荷包'荔枝為例，鄧指出'玉荷包'荔枝花芽誘導涼溫閾值範圍約為 17~19℃，在 20/15℃生長箱中及根圈充分灌水之條件下，成熟梢需 35 天至 43 天花芽分化至肉眼可辨視程度，在日夜變溫 22/17℃時則需 42~50 天。張指出'玉荷包'荔枝以日/夜溫 20/15℃溫度控制環境處理 4 週可達開花決定狀態，6 週有最佳開花率。Chen 等調查田間'玉荷包'荔枝植株，建立花芽分化及開花的溫度模型，指出花芽分化的基礎溫度 (base temperature) 為 23.42°C。方等 (2022) 依多年氣象資料與當期批發市場'玉荷包'荔枝交易總量進行回歸分析，結果顯示與每日低於 24℃的小時數加總相關性最高。張等 (未發表資料) 以田間長期生態調查數據建立'玉荷包'荔枝抽穗模型，花芽分化上限溫度約為 21.9°C。不同品種荔枝之誘導花芽分化所須的涼溫需求量不同。在澳洲，Olesen 等(2003)認為'Kwai May Pink'花芽誘導的溫度在 17-19℃以下。國內主要栽培品種大致可分為三類：開花易者以'玉荷包'為代表，中者以'黑葉'為代表，難者以'糯米糍'為代表，誘導它們花芽分化的上限溫度分別約是 22~23℃、20℃及 15℃ (張，1999；張和張，2017)。花芽誘導所需涼溫累積的時間較難估算，但一般認為要 4 週以上，適當涼溫累積時間增加時有利於純花穗的分化 (Menzel and Simpson, 1995)。溫度對花芽誘導的影響似乎主要在氣溫，根溫會影響芽休眠期，進而影響成花率，但若無適當的地上部溫度配合，低根溫並無法誘導荔枝開花 (Menzel and Simpson, 1989; O'Hare, 2004)。

水分對花芽誘導的角色則較有爭議，適度的乾旱對花芽誘導有利，但若無適當的涼溫度配合僅是持續乾旱並無法誘導荔枝開花 (張，1997，Stern and Gazit, 2003)。Shen 等 (2016) 等的試驗結果顯示，雖然僅是乾旱處理無法誘導開花，但先以土壤水分含量 8-15%的乾旱處理 14 天後再進行 15°C 誘導會較對照組(土壤水分含量 28%) 提早 3-6 天開花，另外從葉片轉錄組學變化分析表明乾旱低溫複合處理組與單純低溫處理組有基因差異表達，其中有些轉錄因數被鑒定為樞紐基因，在荔枝花誘導的調控中起核心作用。因此該文作者認為在荔枝花芽創始乾旱和低溫有相關基因表達的相互作用存在。田間試驗結果顯示乾旱有促進開花及提高及提產量的效果 (Nakata and Suehisa, 1969)。在台灣，從近年實際案例分析，可看出秋季適當的乾燥環境有利於荔枝進入停梢休眠狀態，促進花芽分化。以玉荷包為例，2019-2020 年，秋季較乾燥，早冬溫度降得快，即使冬季 12 月時有降雨，但不影響開花，高雄市荔枝產量仍達 19,475 公噸。然而，2021-2022 年時雖然冬季很冷，卻因秋季有雨，不利控梢，開花情形不佳，高雄市荔枝產量僅約 11,994 公噸(高雄市主要農產品生產概況，2022)。另外如前文所述在歷年學者所提出的'玉荷包'開花的涼溫閾值研究結果差異大，在田間試驗所得的涼溫閾值相對較高，此固然與運用計算的模式不同有關，但在人工控制環境盆栽試驗不易製造適當的乾旱環境亦可能是一個重要因素。由此推斷水分因子對荔枝的涼溫需求量可能有一定的效應。

在台灣，秋冬季的低溫 (氣溫與根溫) 與乾旱常同時出現，兩者的效應難以分開辨析。此外，休眠芽與花芽誘導過程的分界點難以從外觀芽型態界定，多數的研究都是以花芽創始當作花芽誘導的終點，但這三者所需的涼溫值與長度有可能是不相同的。然而正是因為荔枝花芽誘導的閾值與長度可能非固定值而是在一個範圍，吾人才有可能在氣候變遷的環境中利用栽培技術與化學藥劑進行適當的田間管理以提高開花率與產量。

荔枝花穗發育則需要適當的水促進細胞生長，春季如過度乾旱可能使已誘導好的花芽無法順利萌出抽長，需透過灌溉補充花穗發育所需水分(Carr and Menzel, 2014)。此

時水分管理是需特別注意的，如冬季低溫略不足時，花穗帶葉情形較多，此時過多的水反而會使葉片生長勢強，甚至導致花穗敗育轉為營養梢。至開花期時。另因雌花開放期短，通常柱頭在 3 天左右開始褐化，若在雌花開放期間遭遇低溫霪雨，會嚴重影響授粉，導致結果不良且病害防治較困難(Kumar, 2012)。

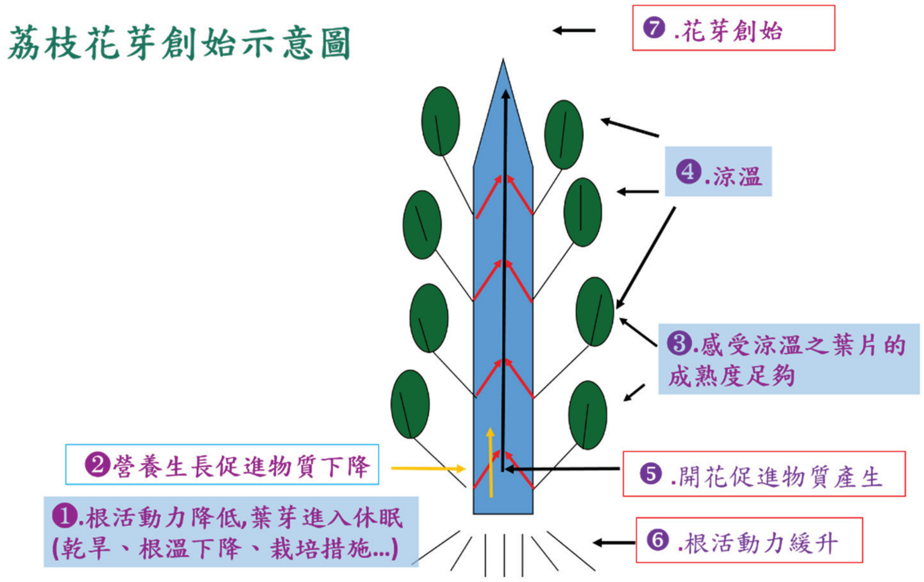

圖 2. 荔枝花芽創始示意圖

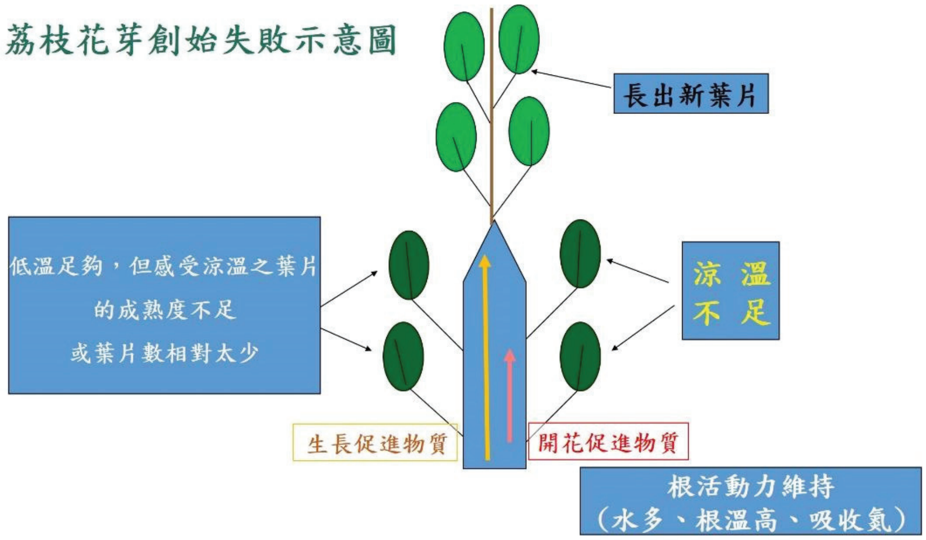

圖 3. 荔枝花芽創始失敗示意圖

氣候變遷下荔枝栽培管理的因應之道

明瞭了花芽分化的相關生理機制後，要制定氣候變遷下荔枝園的管理策略就相對容易得多。成熟葉片是花芽分化訊息的接收器官亦是光合產物的供源，其數量及成熟度直接關係到荔枝的誘導成花與後續的結果。花芽誘導之前芽體必須先進入休眠，所

以適時製造根部生長逆境，讓枝條停止發育，進而讓芽體進入休眠狀態是重要的。此為調控及促進開花的重點，其他如品種的選擇，病蟲害的管理，化學藥劑與設施的運用也都有其重要性。茲將作法簡敘如下：

1. 枝梢管理

在氣候變遷環境下，「修剪」及「控梢」為荔枝枝梢管理的重點。一般植體愈大且或株齡略大的植株，也愈容易花芽分化，此可能與其成熟葉片的數量有關。強修剪植株往往需較多的涼溫才能誘導開花，生產風險較高。因此在氣候變遷環境下，建議以「弱剪」取代強剪(林等，1991；張和鄭，2001)，增加可感應涼溫的植體葉片數量，並增高光合產物的蓄積量，以提供花芽分化所需之充足的能源，進而提升因應異常氣候能力。‘玉荷包’等必須疏花的品種(張和林，2003)，在改變修剪強度時可能使植株高度增加，不易作業，疏花方式可調整以竹竿打花取代手工疏花處理。

荔枝生產需掌握秋季末段梢抽出及成熟時機(張等，2014; O’Hare, 2002)，搭配環剝(張和鄭，2001)、高磷鉀肥及生長調節劑等(陳，1994；張，2008)控梢手段使植株末段梢成熟後能維持停梢，於冬季感應涼溫進行花芽分化(圖 2)。控梢需於 10 月底至 11 月中下旬進行，視當年氣候環境、栽培地點、品種與葉片成熟度綜合考量調整控梢時間與手段。一般而言早生品種涼溫需求較低，可較晚控梢，晚熟品種如‘糯米糍’，10 月底就要準備控梢(張和張，2017)。

2. 水分管理及簡易設施的運用

針對花期霪雨的應對策略包含：搭設遮雨棚、搭配不同產期的品種及加強病蟲害防治。然而，搭設遮雨棚成本高，效果卻不一定會立刻顯現，且需配合矮化管理。搭配不同產期的品種為國外常採用的方式，但國內果農平均栽培面積小，較少採用。此外，由於短時強降雨情形增加，栽培時需注意維持土壤溼度，避免裂果之危機(李，2008)。或可搭配果園覆蓋作物以緩衝水分變化，包括綠肥、水土保持用草類，以及雜草等任何其他生長在果園上的植物。

3. 病蟲害管理

荔枝較重要的病害有露疫病、酸腐病及褐根病，蟲害則有荔枝細蛾及荔枝椿象為主。露疫病發病適宜環境為連續陰雨日，然而受氣候變遷影響，降雨型態改變，梅雨減少、短時強降雨情形增加，近年反而較少有聽聞大範圍的露疫病災情。值得注意的是，近年生產不穩定，栽培面積逐漸減少，廢園面積增加，由於廢園植株高大，藥劑防治不易，農友應注意鄰近廢園可能成為病蟲害防治破口。

4. 更換品種

隨氣候暖化，可以透過更換易開花品種以降低生產風險，例如南部 ‘玉荷包’可視氣候暖化進展更換為‘台農 6 號’(鄧和陳，2011)；中部地區可將中晚生品種‘黑葉’及‘糯米糍’更換成‘玉荷包’、‘台農 2 號’、‘台農 7 號’、‘台農 3 號’等品種(張等，2009；2014；鄧和劉，2007a)。中部以北(苗栗、新竹)地區則可考慮種植‘台農 5 號’及‘台農 4 號’等質優、豐產且耐風的品種(張等，2010；鄧和劉，2007b)。另在學研單位透過與易開花品種(例如‘三月紅’、‘Khom’)雜交及藉由易開花型有關的分子標誌(LcFT1 啟動子)輔助育種及實生苗選拔是重要的育種策略(Ding, *et al.*, 2015, 2021; Chang, *et al.*, 2023; 李及張, 2022)，相關工作也正在陸續進行中(Chang, *et al.*, 2023)。

5. 其他

在近年韌性農業計畫中，亦有針對荔枝調適栽培技術進行相關研究。農試所鳳山

分所經溫度數據運算指出 12 月的氣溫與當期的產量相關性最高(方等，2022)，因此嘗試運用設施以控制環境，透過架設噴霧於冬季進行降溫處理，提升荔枝的開花率(方，未發表資料)。嘉義分所亦研究於花芽誘導時施用細胞分裂素(kinetin)作為催花藥劑，可提高晚生品種的開花率(柯等，未發表資料)。

結語

氣候變遷對農業生產造成極大的衝擊，尤其暖冬及霪雨為目前災損金額最高的兩項，其中暖冬更佔近 10 年全部天然災害損失金額的 60%以上。為因應氣候變遷的衝擊，我國荔枝的生產可朝下列方向因應：(1)運用栽培技術提高花芽形成率，例如改變修剪模式並加強秋冬季停梢管理，以增加葉片數及提高末段梢成熟度等技術降低花芽誘導所需的涼溫需求量。(2)研發催花藥劑。(3)搭配設施控制花芽分化及開花環境。(4)因應暖化趨勢，適當調整產區的品種及育種研發。農民亦應掌握荔枝生長及開花特性，適地適種，以因應氣候挑戰。

參考文獻

1. 方信秀、邱國棟、徐智政、李文立。2022。運用氣象資料預測當期荔枝產量之可行性研究。台灣農業研究。71:343–357
2. 行政院農業委員會。2021。農業統計年報。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>
3. 行政院農業委員會。2022。臺閩地區農作物災害損失。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx>
4. 李建國。2008。荔枝學。北京：中國農業出版社。
5. 李昱錡、張哲嘉。2022。‘玉荷包’荔枝花續發育與結實特性影響果實生產之研究進展與因應，p. 81–93。刊於臺灣果樹研究與發展研討會專刊。國立中興大學園藝學系。臺灣台中。
6. 林宗賢、沈素美、顏昌瑞、林添成、張哲瑋。1991。果實、葉片、光照與修剪對荔枝開花的影響。園藝作物產期調節研討會專集 II。台中區農業改良場。臺灣台中。
7. 高雄市主要農產品生產概況。2022。<https://pxweb.kcg.gov.tw/px9/Dialog/Saveshow.asp>
8. 張仁育、張宇安、方明義、林美莉、張哲瑋。2014。評估荔枝翌年開花所需當年生枝條末段梢成熟之邊際時間點。臺灣園藝 60:27–39
9. 張哲瑋。1999。荔枝開花之調控。國立臺灣大學園藝學研究所博士論文。臺灣臺北。
10. 張哲瑋、張仁育。2017。荔枝產業結構的調整與產期調節研究。刊於果樹產期調節研究發展與產業調適研討會論文輯，p. 101-112。台中區農業改良場。臺灣台中。
11. 張哲瑋、趙政男、陳右人、鄭正勇。1997。溫度及乾旱對荔枝開花的影響。中國園藝 43(4): 322–329。
12. 張哲瑋、鄭正勇。2001。修剪及環剝對荔枝開花的影響。中國園藝 47(3): 254–258。
13. 張哲瑋、顏昌瑞、王婉伶、蔡武雄、程永雄、何昭吉。2009。荔枝‘台農 3 號玫瑰紅’之育成。臺灣農業研究 58: 208–213。

14. 張哲瑋、顏昌瑞、王婉伶、劉茂南。2010。荔枝新品種'台農 5 號'(紅寶石)之育成。臺灣農業研究 59: 197–208。
15. 張哲瑋、顏昌瑞、王婉伶、劉茂南、張仁育。2014。荔枝新品種「台農 7 號 (早大荔)」之育成。台灣農業研究 63(1): 43–56。
16. 張哲嘉。2008。改進'糯米糍(73-S-20)'荔枝生產枝生理基礎與研究進展。荔枝產業發展研討會專刊，p. 95-114。國立屏東科技大學農園系。臺灣屏東。
17. 張哲嘉、林宗賢。2003。疏花序對玉荷包荔枝花性、著果與果實品質之影響。中華農學會報 4(5):418–428。
18. 陳溪潭。1994。利用益收(Ethrel)及耕作處理對荔枝花性及產量影響之研究。臺南區農業改良場研究彙報 31: 35–45。
19. 鄧永興。1996。'玉荷包'荔枝密植栽培之修剪與花期調節。國立臺灣大學園藝學研究所博士論文。臺灣臺北。
20. 鄧永興、劉政道。2007a。荔枝新品種'台農 2 號-旺荔'之育成。農業試驗所技術服務 71: 6–9。
21. 鄧永興、劉政道。2007b。荔枝新品種'台農 4 號-吉荔'之育成。農業試驗所技術服務 72: 4–7。
22. 鄧永興、陳甘澍。2011。荔枝新品種'台農 6 號-豔荔'之介紹。農業試驗所技術服務 87: 5–8。
23. Carr, M. K. V.; Menzel, C. M. The water relations and irrigation requirements of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. Exp. Agric. 2014, 50(4), 481-497.
24. Chang, J.; Ho, Y. W.; Tao, C. N.; Chang, J. W. The unique LcFT1 gene sequence linked to early-flowering in the tropical litchi 'Khom'. Acta Hortic. 2023, 1362. 389-396.
25. Chen, P.A.; Lee, C.L.; Roan, S.F.; Chen, I.Z. Temperature model of litchi flowering — From induction to anthesis. Scientia Hort. 2016, 205, 106-111.
26. Das, B.; Sureja, A. K.; Jindal, P. C. Flowering and fruit set in lychee {*Litchi chinensis* (Gaertn.) Sonn.}–A review. Agric. Rev. 2002, 23(1), 59-64.
27. Davenport, T.; Stern, R.A. Flowering. In Litchi and Longan: Botany, Cultivation and Uses; Menzel, C.M., Waite, G.K., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, UK, 2005, pp. 87–113.
28. Ding, F.; Zhang, S.W.; Chen, H.B.; Su, Z.X.; Zhang, R.; Xiao, Q.S.; Li, H.L. Promoter difference of LcFT1 is a leading cause of natural variation of flowering timing in different litchi cultivars (*Litchi chinensis* Sonn.). Plant Sci. 2015, 241, 128–137.
29. Ding, F.; Li, H.; Wang, J.; Peng, H.; Chen, H.; Hu, F.; Lai, B.; Wei, Y.; Ma, W.; Li, H.; He, X.; Zhang, S. Development of molecular markers based on the promoter difference of LcFT1 to discriminate easy-and difficult-flowering litchi germplasm resources and its application in crossbreeding. BMC Plant Biol. 2021, 21, 539.
30. Kumar, R. Effect of climate change and climate variable conditions on litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) productivity and quality. In IV International Symposium on Lychee, Longan and Other Sapindaceae Fruits 2012, 1029, 145–154.
31. Liu, P.; Huang, J.J.; Cai, Z.Y.; Chen, H.T.; Huang, X.; Yang, S.N.; Su, Z.X.; Azam, M.; Chen, H.B.; Shen, J.Y. Influence of girdling on growth of litchi (*Litchi chinensis*) roots during cold-dependent floral induction. Sci. Hortic. 2022, 297, 1109.
32. Menzel, C.M.; Simpson, D.R. Effect of temperature on growth and flowering of litchi

(*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. J. Hortic. Sci. 1988. 63(2), 349–360.

33. Menzel, C.M.; Simpson, D.R. Effect of environment on growth and flowering of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). In: International Symposium on the Culture of Subtropical and Tropical Fruits and Crops. 1989, 275, 161–166.
34. Menzel, C.M.; Simpson, D.R. Effects of temperature and leaf water stress on panicle and flower development of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 1991, 66, 335-344.
35. Menzel, C.M.; Simpson, D.R. Lychee. 1994, 123-145. In B. Schaffer and P.C. Anderson (eds.). Handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol 2. Subtropical and tropical crops. CRC Press, Boca Raton, Fla.
36. Menzel, C.M.; Simpson, D.R. Temperatures above 20°C reduce flowering in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 1995, 70, 981-987.
37. Nakata, S.; Suehisa, R. Growth and development of *Litchi Chinensis* as affected by soil-moisture stress. Amer. J. Bot. 1969, 56(10), 1121-1126.
38. O'Hare, T.J. Interaction of temperature and vegetative flush maturity influences shoot structure and development of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.).Sci. Hort. 2002, 95: 203–211.
39. O'Hare, T. J. Impact of root and shoot temperature on bud dormancy and floral induction in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Sci. hort. 2004, 99(1), 21-28.
40. Olesen, T., Menzel, C. M.; Wiltshire, N.; McConchie, C. A. Flowering and shoot elongation of lychee in eastern Australia. Austral. J. Agric. Res. 2002, 53(8), 977-983.
41. Shen, J.Y.; Xiao, Q.S.; Qiu, H.J.; Chen, C.J.; Chen, H.B. Integrative effect of drought and low temperature on litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) floral initiation revealed by dynamic genome-wide transcriptome analysis. Sci. Rep. 2016, 6, 32005.
42. Stern, R.A.; Gazit, S. The Reproductive Biology of the Lychee. 2003, pp. 393–453. In *Horticultural Reviews*; Janick, J., Ed.; John Wiley and Sons, Inc. Publishing: Hoboken, NJ, USA,
43. Wei, Y. Z.; Zhang, H. N.; Li, W. C.; Xie, J. H.; Wang, Y. C.; Liu, L. Q.; Shi, S. Y. Phenological growth stages of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) using the extended BBCH-scale. Scientia Hort. 2013, 161, 273-277.
44. Yuan, R.C.; Huang, H.B. Regulation of root and shoot growth and fruit-drop of young litchi trees by trunk girdling in view of source-sink relationships. J. Fruit Sci. 1993, 10, 195-198.

Management adjustment of litchi orchard under climate change

Jer-Way Chang[1], Yu-Ying Chu[2]*, Yu-Cheng Ke[2], Chu-Chung Chen[4], Hsin-Hsiu Fang[6], Kai-En Chuang[3] and Ming-Te Lu[3]

1 Researcher of Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, COA
2 Assistant Researcher of Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, COA
3 Assistant Researcher of Taiwan Agricultural Research Institute, COA
4 Associate Researcher of Taiwan Agricultural Research Institute, COA
5 Researcher of Taiwan Agricultural Research Institute, COA
6 Assistant Researcher of Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, COA
*Correspondence: yuyingchu@tari.gov.tw

Abstract

Litchi is an important economic fruit tree in central and southern Taiwan. However, Flowering and production of litchi became hard and unstable due to the impact of climate change in recent years. The average damage amount in the past five years has even soared to the third place. Under such circumstances, the livelihood of litchi farmers has been seriously affected, and it has also led to a significant and continuous decline in the cultivated area in recent years. The flowering of litchi controls by a complex regulation mechanism, which is affected by factors such as temperature, mature shoots and leaves, varieties, and water. The flower bud differentiation of litchi needs sufficient cool temperature to induction. Furthermore, drought and plants with sufficient number of mature leaves can also promote flower bud differentiation. After flower initiation, development of flower panicle requires relatively high temperature and moisture in order to promote cell division and growth. Abnormal climates can easily lead to insufficient conditions for flower bud differentiation. Only by mastering the growth and flowering characteristics of litchi, such as: using cultivation techniques to increase the flower bud formation rate, developing flower forcing agents, utilizing environmental control facilities, or adjusting varieties to suitable planting area, can meet the coming challenge of climate change.

Keywords: cool temperature requirement; warm winter; flower initiation; shoot control